



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och
jordbruksvetenskap

Olika faktorerers påverkan på DON-halter i havre

– En intervjustudie odlingssäsongen 2013

Factors influencing DON-levels in oats

– An interview study reviewing the growing season 2013

Jonna Wiklund

Institutionen för växtproduktionsekologi
Självständigt arbete i biologi • 15 hp • Grundnivå, EX0689
Agronomprogrammet mark/växt
Uppsala 2016

Olika faktorerers påverkan på DON-halter i havre – en intervjustudie odlingssäsongen 2013

Factors influencing DON-levels in oats
– an interview study reviewing the growing season 2013

Jonna Wiklund

Handledare: Paula Persson, Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för växtproduktionsekologi
Examinator: Hanna Friberg, Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för skoglig mykologi och växtpatologi

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i biologi - kandidatarbete
Kurskod: EX0689
Program/utbildning: Agronomprogrammet – mark/växt

Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2016
Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Fusarium, *F. graminearum*, DON, silt

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för växtproduktionsekologi

Sammanfattning

Växtpatogena svampar av släktet *Fusarium* skapar problem i bland annat i spannmål världen över. Angrepp kan orsaka skördenedsättningar. Vissa arter producerar även mykotoxiner vilka kan vara toxiska för människor och djur. Ett av dessa toxiner är deoxynivalenol (DON). Med anledning av detta finns gränsvärden inom EU för hur mycket DON spannmål får innehålla. I Sverige har ett starkt samband påvisats mellan arten *F. graminearum* och förekomst av DON.

I västra Sverige har lantbrukare haft stora problem med DON-halter över gränsvärdet 1750 µg/kg i havre. Fuktiga förhållanden har visats gynna infektion och tillväxt av *F. graminearum* och toxinproduktion. Jordar med högt innehåll av silt, så kallade kapillära jordar, torkar upp långsamt efter nederbörd. Syftet med denna studie var att undersöka om det finns en koppling mellan kapillära jordar och hög DON-halt i havre, samt att titta på om andra odlingsåtgärder påverkar DON-halterna.

I studien intervjuades lantbrukare i Värmland. Intervjuerna fokuserade på lantbrukarnas erfarenheter av DON och *Fusarium* odlingssäsongen 2013, jordtyp och övriga agrara förutsättningar samt odlingsåtgärder den aktuella säsongen. Resultaten visade ingen koppling mellan jordar med högt siltinnehåll och DON-halter över gränsvärdet 1750 µg/kg. Bland odlingsåtgärder var val av sort den faktor som visade på högst relevans. Inga statistiskt signifikanta skillnader kunde visas.

För att helt säkerställa om och hur jordens siltinnehåll korrelerar med DON-halter i havre skulle en studie där jordens siltinnehåll bestäms genom analys av jordprover från aktuella fält och noggrannare koppling mellan aktuellt fält och värde för DON-halt rekommenderas. Ett större antal prov och en analys av fler faktorer skulle också kunna ge ett tydligare resultat.

Abstract

Plant pathogenic fungi of the genus *Fusarium* cause problems in cereals worldwide. Infections may result in reduced crop yields. Some species also produce mycotoxins that are toxic to humans and animals. One of these mycotoxins is deoxynivalenol (DON). Because of this there are threshold values for DON-levels in cereals within the European Union. In Sweden, a clear relationship between the species *F. graminearum* and presence of DON has been shown.

In the western parts of Sweden, farmers have experienced problems with DON-levels above the threshold value 1750 µg/kg in oats. Studies have shown that a moist environment favours the infection and growth of *F. graminearum* and the production of mycotoxins. Soils with a high content of the silt fraction, also called capillary soils, dry up slowly. The purpose of this study was to find out whether there is a relationship between capillary soils and high DON-levels in oats. The study also examines other factors that may influence the levels of DON.

In this study farmers in Värmland were interviewed. The interviews focused on farmers' experiences of *Fusarium* and DON during 2013, their soil type and other agrarian conditions and cultivation measures during 2013. The results showed no relation between soils with a high content of silt and DON-levels above 1750 µg/kg. Among cultivation measures the factor that seemed most relevant was selection of cultivar. The results were not statistically significant.

To ensure that there is no relationship between the silt content of the soil and DON-levels in oats a more extended study could be proposed. It would improve the relevance of the results to analyse soil samples to find out the exact silt content and accurately connect the soils to specific levels of DON. A larger number of samples and an analysis including more factors might also give a more clear result.

Innehållsförteckning

| | |
|--|-----------|
| Tabellförteckning | 8 |
| Figurförteckning | 9 |
| 1 Inledning | 11 |
| 2 Bakgrund | 12 |
| 2.1 Biologi | 12 |
| 2.2 Symptom | 13 |
| 2.3 Mykotoxiner | 13 |
| 2.4 Förekomst av <i>Fusarium</i> och dess mykotoxiner | 15 |
| 2.5 Variationer i förekomst av axfusarios, <i>Fusarium</i> och DON | 15 |
| 2.5.1 Klimat | 16 |
| 2.5.2 Jordart | 17 |
| 2.5.3 Sortval | 18 |
| 2.5.4 Bearbetningssystem | 18 |
| 2.5.5 Odlingssystem | 19 |
| 3 Metod | 21 |
| 4 Resultat | 23 |
| 4.1 Resultat av lantbrukarintervjuer | 23 |
| 4.1.1 DON-halter och jordtyp | 26 |
| 4.1.2 DON-halter och såtidpunkt | 26 |
| 4.1.3 DON-halter och sort | 27 |
| 4.1.4 DON-halter och förfrukt | 28 |
| 4.1.5 DON-halter och bearbetningssystem | 29 |
| 4.1.6 DON-halter och dränering | 31 |
| 4.1.7 Övriga kommentarer från lantbrukarintervjuer | 31 |
| 4.2 Väderdata | 32 |
| 4.2.1 Väderdata för såddperiod | 32 |
| 4.2.2 Väderdata för blomningsperiod | 34 |
| 5 Diskussion | 36 |
| 5.1 Diskussion av metod | 36 |
| 5.2 Diskussion av resultat | 37 |
| 5.3 Reflektioner | 38 |
| 5.4 Tack | 39 |
| Referenslista | 40 |

| | |
|-----------------|-----------|
| Bilaga 1 | 43 |
| Bilaga 2 | 45 |

Tabellförteckning

| | |
|--|----|
| Tabell 1. Gränsvärden för mykotoxiner i spannmål avsedd för mänsklig konsumtion enligt EU. Efter Fredlund och Lindblad (2014). | 14 |
| Tabell 2. Jordarternas indelning efter kornstorlek, enligt Atterberg. Efter Miskovsky (1984). | 18 |
| Tabell 3. Medelvärden och resultat av test för normalfördelning samt ANOVA för analyserade prover | 24 |
| Tabell 4. Medeltemperatur- och nederbörd för de olika såtidpunkterna det studerade året (2013) samt föregående tioårsperiod (2003 – 2012). | 27 |
| Tabell 5. Data för temperatur och nederbörd vid Karlstad väderstation åren 2003 – 2013 för perioden 20/4 till 7/6. | 33 |
| Tabell 6. Data för temperatur och nederbörd vid Karlstad väderstation åren 2003 – 2013 för perioden 28/6 – 19/7. | 35 |
| Tabell 7. Beskrivning av Figur 16 "Sveriges indelning i åkerjordsområden efter matjordstyp". Efter Ekström, 1953. | 44 |

Figurförteckning

| | |
|---|----|
| <i>Figur 1.</i> DON-halter 2013 för prover vilka utgjorde underlaget för analysen | 25 |
| <i>Figur 2.</i> Medelvärden för DON-halt för olika jordtyper | 26 |
| <i>Figur 3.</i> Medelvärden för DON-halt för olika såtidpunkter | 27 |
| <i>Figur 4.</i> Medelvärden för DON-halt för olika sorter | 28 |
| <i>Figur 6.</i> Medelvärden för DON-halt för olika antal överfarter med harv | 30 |
| <i>Figur 7.</i> Medelvärden för DON-halt för olika bearbetningssystem | 30 |
| <i>Figur 8.</i> Medelvärden för DON-halt för olika dräneringsförhållanden | 31 |
| <i>Figur 9.</i> Dygnsmedeltemperatur för Karlstad väderstation mellan den 20 april 2013 och den 7 juni 2013 | 32 |
| <i>Figur 10.</i> Dygnsnederbörd Karlstad väderstation mellan den 20 april 2013 och den 7 juni 2013 | 33 |
| <i>Figur 11.</i> Dygnsmedeltemperatur Karlstad väderstation mellan den 28 juni och den 19 juli | 34 |
| <i>Figur 12.</i> Dygnsnederbörd Karlstad väderstation mellan den 28 juni 2013 och den 19 juli 2013 | 35 |
| <i>Figur 13.</i> Sveriges indelning i åkerjordsområden efter matjordstyp. | 43 |

1 Inledning

Växtpatogena svampar av släktet *Fusarium* infekterar många olika växtslag. Flera arter inom släktet utgör några av de vanligaste växtpatogenerna globalt (Parry et al. 1995). I Europa är angrepp av *Fusarium* ett problem i alla de vanligaste spannmåls-lagen (vete, korn, råg, och havre). *Fusarium*-infektion orsakar flera olika symptom såsom axfusarios, stråbas- och rotröta. Vid axfusarios infekteras småax och ibland hela ax eller vippor. Hos havre uppvisas sällan symptom i hela vippan. Både rotröta och axfusarios ger skördenedsättningar. Vid allvarliga angrepp av axfusarios kan skörden sjunka med mellan 10 – 40 %. (Bottalico & Perrone 2002). *Fusarium*-svamparna bildar även ett flertal mykotoxiner i plantan. Toxinerna bildas i fält och kan detekteras i kärnorna före såväl som efter skörd (Agrios 2005). Inom EU finns gränsvärden för några av dessa mykotoxiner som visat sig toxiska för människor och djur. Om halterna överstiger dessa gränsvärden kan det få stora ekonomiska konsekvenser för lantbrukaren. Ett av de vanligast detekterade toxinerna är deoxynivalenol, DON, som produceras bland annat av arterna *Fusarium graminearum* och *F. culmorum*.

I Sverige har man de senaste åren sett ökade problem med *F. graminearum* och höga halter DON i havre. Problemen har varit störst i landets västra delar. Man har även kunnat observera en stor variation av halterna av DON inom och mellan fält (Lerenius, personligt meddelande). Ingen tillfredställande förklaring har funnits till dessa variationer. Studier på *Fusarium* och dess toxinproduktion visar dock på att höga nederbörds mängder och höga temperaturer är gynnande faktorer för tillväxt och spridning av de *Fusarium*-arter som är vanligast förekommande i landet. I ett förändrat klimat skulle därmed *Fusarium* gynnas i stora delar av Sverige, eftersom mer nederbörd under vår och höst och en förhöjd medeltemperatur är de scenarier man tagit fram för det framtida svenska klimatet. Det är därför av vikt att utreda vilka faktorer som påverkar förekomst av *F. graminearum* och DON-halter i havre.

Min hypotes var att vattenhållande jordar som innehåller stor andel silt gynnar tillväxt av *F. graminearum*, infektion av plantan och därmed DON-produktion då dessa jordar har en god vattenhållande förmåga som skapar en fuktig miljö. 2013 var ett år med lite nederbörd under växtsäsongen. Detta möjliggör att skiften där förhållanden för tillväxt av *F. graminearum* varit fördelaktiga kan skiljas ut och faktorer som gynnar tillväxten identifieras.

Syftet med denna uppsats är att utreda om någon koppling finns mellan kapillära jordar med högt siltinnehåll och höga DON-halter i havre skördeåret 2013, samt att undersöka hur ett antal andra odlingsåtgärder påverkar DON-halter i havre

2 Bakgrund

2.1 Biologi

Svamparter inom släktet *Fusarium* är jordburna, luftburna och utsädesburna nekrotrofa ascomyceter (sporsäcksvampar) spridda över hela världen. Totalt finns runt 140 *Fusarium*-arter och av dessa är ett flertal växtpatogena (Thrane 2010). Många jordbruksgrödor kan angripas av någon av arterna. Problemen är bland annat stora i majs och spannmål (Edwards 2004). Överlevnad sker både som mycel på växtrester och hos vissa arter, exempelvis *F. graminearum* och *F. culmorum*, som vilsporor (klamydosporer) i marken. Klamydosporerna kan fungera som inokulum och sprida sig med vind, regnstänk eller jord. Spridning sker även via konidier, vilka bildas i det asexuella stadiet (Agrios 2005) och ascosporer producerade i perithecier under det sexuella stadiet (Wegulo 2012). I likhet med klamydosporer sprids konidier och ascosporer med vind och vattenstänk. Infektion i plantan sker ofta i ax eller vippa (Wegulo 2012), vilket ger upphov till axfusarios. Värdväxten kan även infekteras via rötterna genom att enzymer som bryter ned rotens cellväggar utsöndras av *Fusarium*. Svampen kan därmed ta sig in i vävnaden och sprida sig i värdväxten. Infektion kan också ske via utsädeskärnan i jorden, orsakat av utsädessmitta. En sådan infektion kan leda till stråbasröta eller groddbrand (Wegulo & Klein 2010). Efter infektion sprider sig mycelet i växten via xylemet. Många värdväxter tillverkar antimikrobiella substanser för att försvara sig mot patogener. Ett exempel på en sådan substans är avenacin i havre (Osbourn 1996). Flera *Fusarium*-arter har dock utvecklat en förmåga att sönderdela dessa substanser till icke-toxiska föreningar och därmed skydda sig mot växtens försvar. Vidare tillverkar ett flertal *Fusarium*-arter mykotoxiner som är toxiska för växter respektive djur och människor. Reproduktionen sker för vissa *Fusarium*-arter, exempelvis *F. graminearum*, både sexuellt och asexuellt. Andra, som *F. oxysporum*, har endast asexuell reproduktion eller ingen känd sexuell reproduktion (Agrios 2005).

Fusarium graminearum är en av de *Fusarium*-arter som skapar störst problem med axfusarios i spannmål i Europa, Asien och Amerika (Brown *et al.* 2010). *F. graminearum* har en asexuell reproduktion där konidier bildas på mycel. I det sexuella stadiet bildas sporhus, perithecier, i vilka sexuella ascosporer bildas. Både konidier och ascosporer fungerar som inokulum (Burgess 1981). Även *F. culmorum*, *F. poae*, *F. avenaceum* och *Microdochium nivale* (även *Monographella nivale*, tidigare *F. nivale*) hör till de arter som är vanliga i axfusariosangrepp (Doohan *et al.* 2003).

2.2 Symptom

När axet eller vippan hos en värdväxt infekteras av *Fusarium* kan plantan utveckla axfusarios. Under varma förhållanden, med temperaturer mellan 25 och 30 °C utvecklas symptom två till fyra dagar efter infektion (Wegulo 2012). Axfusarios kan drabba hela axet, småax eller kärnor. I vete syns detta genom att infekterade delar av axet inledningsvis ser blöta ut och därefter bleks på grund av klorofyllförlust (Bottalico & Perrone 2002). Rosaaktigt mycel och konidier utvecklas vid tidig infektion. Vid en senare infektion kan detta symptom utebli på grund av begränsad mycelbildning. Infekterade kärnor kan skrupna och missfärgas, de blir ljusa och rödaktiga eller ljusbruna. Vid axfusarios sker även produktion av mykotoxiner, och i de infekterade kärnorna kan mykotoxinhalten bli hög (Edwards 2004). Toxinproduktionen innebär försämrad kärn kvalitet, men angrepp av *Fusarium* kan också leda till lägre skörd och tusenkornvikt (Wong *et al.* 1992) bland annat på grund av försämrad vattentransport genom xylemet. Hos havre finns inga tydliga, synliga symptom på vipporna vid axfusarios (Imathiu 2008). Endast svaga symptom utvecklas i vippan, ett litet antal småax gulfärgas. Risken för fusarios anses vara störst om förhållandena för spridning av inokulum är gynnsamma vid ax/vippgång och i början av blomningen. Gynnsamma faktorer anses vara nederbörd och höga temperaturer vid vilka tillväxt gynnas (Parry *et al.* 1995).

Infektion som börjar i roten kan ge upphov till stråbasröta. Man ser då brunfärgade områden kring de första noderna och på stråbasen. I vissa fall brunfärgas och ruttnar hela stråbasen, där man även kan se bomullsaktigt rosa mycel. I vete kan, om angreppet är allvarligt, stråbasröta orsaka att plantan mognar i förtid eller dör. (Wegulo & Klein 2010). I unga plantor eller via smittat utsäde kan *Fusarium* orsaka groddfusarios, ibland kallat groddbrand (Dal Bello *et al.* 2002), då bruna fläckar uppträder på koleoptilen (Hörberg 2001). Groddfusarios leder till minskad grobarhet, tillväxt och ibland död hos plantan (Dal Bello *et al.* 2002).

2.3 Mykotoxiner

De viktigaste mykotoxinerna producerade av *Fusarium* kan delas in i fyra grupper. Dessa är trichothecener, zearalenon, fumonisiner och moniliformin. Den viktigaste gruppen är trichothecener (Langseth & Rundberget, 2000). I spannmål är olika typer av trichothecener samt zearalenon de vanligast detekterade toxinerna (Fredlund & Lindblad 2014).

Deoxynivalenol, DON, är en av de trichothecener som produceras av *Fusarium*. Produktion av DON sker hos arterna *F. graminearum* och *F. culmorum* (Wegulo 2012). De två vanligast förekommande isomererna av DON är 15-acetyldeoxynivalenol (15-ADON) och 3-acetyldeoxynivalenol (3-ADON). Andra kända substanser producerade av *Fusarium* är zearalenon (ZEA) och trichothecenerna nivalenol

(NIV) samt T-2 och HT-2-toxiner (Mirocha *et al.* 1989; Eriksen & Alexander 1998). Vissa *Fusarium*-arter, exempelvis *F. oxysporum* och *F. avenaceum* bildar även andra mykotoxiner såsom moniliformin (MON) (Rabie 1982). Av de av *Fusarium*-producerade toxinerna är DON mest frekvent återfunnen i spannmålskärnor globalt, och ofta i höga koncentrationer (Pestka 2010). Höga halter av ZEA är mer ovanliga men förekommer i både havre och vete (Fredlund & Lindblad 2014). I Sverige är det huvudsakligen arterna *F. graminearum* och *F. culmorum* som står för DON-produktionen i spannmålsodling (Söderström & Börjesson 2013). I den här studien har endast DON, behandlats.

De akut toxiska effekterna av DON hos människor är illamående, kräkning och diarré. Intag av lägre doser DON under en längre period orsakar inte de symptom som syns vid akut förgiftning. Man har då istället noterat effekter på immunförsvaret (Fredlund & Lindblad 2014). Hos djur (bland annat mus, råttor och gris) har reducerad viktuppgång efter längre perioder av intag av DON i låga halter observerats. (Pestka 2010). Även symptom liknande de hos människor, det vill säga matvägran, diarré och kräkningar förekommer. Med anledning av de toxiska effekterna av DON på människor har man inom EU fastställt gränsvärden för DON-halter i spannmål. För obearbetad havre och durumvete avsett att konsumeras av människor är gränsvärdet 1750 µg/kg (Förordning 2006/1881/EC). Övriga gränsvärden gällande livsmedel avsett för mänsklig konsumtion visas i tabell 1. Eftersom att man sett toxiska effekter även hos djur finns en rekommendation för spannmål till foder. DON-halterna rekommenderas där inte överstiga är 8000 µg/kg (Förordning 2006/576/EC). Även detta gränsvärde gäller obearbetade kärnor.

Tabell 1. Gränsvärden för mykotoxiner i spannmål avsedd för mänsklig konsumtion enligt EU. Efter Fredlund och Lindblad (2014).

| Toxin | Typ av livsmedel | Gränsvärde (µg/kg) |
|------------|---|--------------------|
| DON | Obearbetad spannmål, ej durumvete, havre och majs | 1250 |
| | Obearbetad durumvete och havre | 1750 |
| | Spannmål för direkt konsumtion | 750 |
| | Bröd, kakor, kex, snacks och frukostflingor av spannmål | 500 |
| | Bearbetade spannmålsbaserade livsmedel | 200 |
| | Barnmat för spädbarn och småbarn | 200 |
| ZEA | Obearbetad spannmål, ej majs | 100 |
| | Spannmål för direkt konsumtion | 75 |
| | Bröd, kakor, kex, snacks och frukostflingor av spannmål | 50 |
| | Bearbetade spannmålsbaserade livsmedel | 20 |
| | Barnmat för spädbarn och småbarn | 20 |

2.4 Förekomst av *Fusarium* och dess mykotoxiner

En studie gjord av Livsmedelsverket (2014) undersöker förekomst av *Fusarium*-arter i spannmål i Sverige 2010 och 2011. Den visar att *F. poae*, *F. langsethiae* och *F. avenaceum* förekommer mest frekvent i havre. Även *F. graminearum* påvisas i majoriteten av proverna på havre båda åren. Bland de vanligaste mykotoxinerna i havre finns DON och NIV, som förekommer i över 90 procent av proverna. DON har de högsta toxinhalterna och det finns ett starkt samband ($R^2 > 0,5$) mellan halter av DON och *F. graminearum* (Fredlund & Lindblad 2014). DON-halterna och förekomsten av *F. graminearum* utmärker sig genom att till skillnad från övriga arter och toxiner vara högre eller lika höga båda åren. Vidare är halterna av dessa två högre i västra Sverige än i de andra regionerna (Fredlund & Lindblad 2014).

Ytterligare en studie gjord under samma tidsperiod, 2010 – 2011, visar samma mönster, med högre mykotoxinhalter i västra Sverige, skillnader i förekomst mellan *F. graminearum* och övriga arter samt stark korrelation mellan *F. graminearum* och DON-halter (Fredlund *et al.* 2013). Mellan 1999 och 2008 fann man DON i 74 % av proverna av havre. Enligt uppgifter från Lantmännen innehöll uppskattningsvis 35 % av den skördade havren för höga DON-halter för att användas som livsmedel 2011. Man såg även en ökning från 2010 till 2011 (Fredlund *et al.* 2013).

De arter som visats vara vanligast i spannmål i Sverige är i stort sett desamma som observeras mest frekvent i Europa. En art som enligt Bottalico och Perrone (2002) är vanlig i Europa men som inte fanns bland de vanligaste i Sverige är *F. culmorum*. Även *F. culmorum* producerar DON. Precis som i Sverige är DON det mykotoxin som oftast hittas i spannmål i andra länder i Europa (Bottalico & Perrone 2002). I Norge har man sedan 1990-talet haft problem med höga halter av *Fusarium*-toxiner i spannmål. Störst har problemen varit i havre, där halterna varit höga av både DON, NIV, HT-2 och T-2. Vanligast förekommande är DON (Langseth & Rundberget 2000). Man har i studier i Norge och Danmark observerat ett skifte i förekomst av *Fusarium*-arter. Den vanligaste arten i havre har gått från att vara *F. culmorum* till *F. graminearum*. (Bernhoft *et al.* 2010; Nielsen *et al.* 2011). Samma mönster har noterats i Irland och Storbritannien. Tidigare har man förknippat förekomst av *F. graminearum* i områden med varmare klimat (Xu 2005).

2.5 Variationer i förekomst av axfusarios, *Fusarium* och DON

Exakt vilka faktorer som gynnar tillväxt av och toxinproduktion hos *Fusarium* är inte helt utrett. Dock finns ett positivt samband mellan svampbiomassa och DON-halt. Om *Fusarium*-tillväxt gynnas bidrar det även till hög produktion av DON (Wegulo 2012). Studier pekar på att samma faktorer som gynnar svampens tillväxt kan gynna produktion av toxiner. För de flesta arter, bland andra *F. graminearum*, är detta en varm och fuktig miljö. (Doohan *et al.* 2003). Enligt Hope *et al.* (2005) är

den optimala temperaturen för DON-produktion 25 °C. Samma forskare anser dock fuktighet vara viktigare än temperatur för toxinproduktion (Hope *et al.* 2005). DON-bildning har studerats i större utsträckning i vete än i havre. De viktigaste faktorerna anses då vara väderlek under blomning (mycket nederbörd i kombination med värme anses vara gynnande), växtföljd och förekomst av skörderester på markytan. Andra faktorer som anses ha betydelse är skördetidpunkt, sortval, kemisk bekämpning och förhållanden under torkning och lagring (Jordbruksverket 2013).

I havre är faktorerna bakom toxinbildning, som tidigare nämnts, mindre studerade. Lindblad *et al.* (2012) har undersökt ett antal faktorer med avseende på DON-nivåer i havre. I en undersökning från 2012 tittade man på variablerna väderdata, jordbearbetningssystem, datum för blomning och skörd, förfrukt och jordart. Undersökningen gjordes på drygt 650 fält i Sverige, Norge och Finland. I genomsnitt överstiger 3 – 8 % av proverna gränsvärdet 1750 µg/kg. Enligt studien anses de faktorer som har störst betydelse för DON-halten vara jordbearbetningssystem och antal dagar mellan blomning och skörd. DON-halterna ökar då tiden mellan sådd och blomning förlängs. Plöjda fält ger något högre halter DON än oplöjda. Resultaten visar tydliga regionala variationer, även inom geografiskt närliggande områden, vilket inte kan förklaras med någon av de undersökta faktorerna. Man drar slutsatsen att ytterligare försök krävs för att tydligt identifiera vilka faktorer som påverkar DON-produktion i havre och därmed förklara regionala variationer i DON-halter (Lindblad *et al.* 2012). I en studie genomförd i Norge mellan 2002 och 2004 (Bernhoft *et al.* 2012) undersöktes påverkan på *Fusarium* och dess mykotoxiner i spannmål från ett stort antal agronomiska och metrologiska faktorer. Man fann att dessa faktorer kan förklara 10 – 30 % av variationerna i förekomst av *Fusarium* och mykotoxinhalter (Bernhoft *et al.* 2012).

2.5.1 Klimat

Generellt gynnas tillväxt av *Fusarium* av varm och fuktig miljö. (Doohan *et al.* 2003). *F. graminearum* anses ha ett tillväxtoptimum på runt 25 °C (Bernhoft *et al.* 2012). Även mellan axfusarios och varma, fuktiga förhållanden finns ett samband. Ett förändrat klimat med högre temperaturer och ökad nederbörd kan därför komma att gynna *F. graminearum* och öka problemen med axfusarios (Doohan *et al.* 2003). Risken för infektion ökar främst om varma och fuktiga förhållanden råder under blomning (Parry *et al.* 1995). Mellan 1988 och 1996 korrelerade ökade angrepp av *Fusarium* och DON-kontaminering i spannmål med nederbörd i juli (Langseth & Elen 1997). Langseth och Rundberget (2000) påvisar samma samband men anser antalet dagar med regn vara av större betydelse än den totala mängden nederbörd. En positiv relation mellan nederbörd och axfusarios visas även i en studie utförd 2002 – 2004 (Bernhoft *et al.* 2012). Man ser i samma studie att kontaminering av

DON ökar med låga temperaturer före skörd. Sambandet förklaras med att låga temperaturer ofta hänger samman med hög luftfuktighet (Bernhoft *et al.* 2012). Hög luftfuktighet är en gynnande faktor för toxinproduktion (Hope *et al.* 2005).

Under svenska förhållanden pågår blomning i havre i ungefär tre veckor. 2013 inföll den mellan 28/6 och 19/7 (sort: Belinda, plats: Bjertorp, Västergötland. H Eckersten, personligt meddelande). Sambandet mellan väderförhållanden och angrepp av *axfusarios* är dock inte helt utrett och skillnader finns mellan olika *Fusarium*-arter (Rossi *et al.* 2001).

I en jämförelse av *Fusarium*-förekomst mellan Mälardalen i Mellansverige och Kalmar i södra Sverige är andelen infekterade kärnor högre i Mälardalen (47 %) än i Kalmar (9 %). Skillnaden tros bero på att det regnade under blomningen i Mälardalen, medan det var torrt i Kalmar (El Khosht 2010).

2.5.2 Jordart

Kapillära jordar är jordar med högt innehåll av mo (kornstorlek 0,2 – 0,02 mm) och mjäla (kornstorlek 0,02 – 0,002 mm) (tabell 2). Benämningen silt innefattar kornstorlekarna 0,06 mm (finmo) – 0,002 mm (finmjäla) (Larsson 1995). Jordar med högt innehåll av silt räknas därmed som kapillära jordar. En jordarts kapillära egenskaper avgörs dels av den kapillära stighöjden, dels av den kapillära stighastigheten. Stighöjden avgörs, i en jordart med flera kornstorlekar, av de finaste fraktionerna och ökar med minskad kornstorlek. Stighastigheten däremot minskar när kornstorleken avtar. Kornstorlekarna finmo och grovmjäla har både hög stighöjd och stighastighet. Jordar med högt innehåll av dessa kornstorlekar kännetecknas därför av långsam upptorkning på grund av att den kapillära upptransporten av vatten genom profilen till markytan är snabb (Eriksson *et al.* 2011). Detta gör att en sådan, kapillär, jord är fuktig länge efter regn.

Ett pilotförsök utfört under 2012 på två fält i södra Sverige, hade syftet att undersöka hur DON-halter kan prognosticeras med hjälp av sensormätningar (Söderström & Börjesson 2013). I försöket användes en sensor för mätning av elektrisk konduktivitet (EC). Mätning av elektrisk konduktivitet användes för att detaljerat mäta jordens lerinnehåll. Där visade resultaten en koppling mellan jordens siltinnehåll och DON-halter. I områden med högre andel silt är DON-halterna högre (Söderström & Börjesson 2013).

I Norge genomfördes ett försök mellan 2002 och 2004 där jordtyp var en av faktorerna som undersöktes med avseende på *Fusarium*-infektion och produktion av mykotoxiner (Bernhoft *et al.* 2012). I studien används tre kategorier för att beskriva jordens karaktär; lera, silt och sand. Resultatet visar att *F. graminearum* återfinns i lägre frekvens på leriga jordar jämfört med de andra två kategorierna. Tillväxt av *F.*

culmorum på två olika jordar studerades av Shakhnazarova *et al* (2000). Denna studie indikerar att konidier utvecklas i högre grad på tunga (leriga) jordar, medan mycelbildning är större på lättare jordar (Shakhnazarova *et al.* 2000).

Tabell 2. Jordarternas indelning efter kornstorlek, enligt Atterberg. Efter Miskovsky (1984).

| Fraktion | Diameter (mm) | Underavdelning | Benämning |
|----------|-----------------|----------------|-----------|
| Block | >600,0 | Grovblock | Block |
| | 600,0 - 200,0 | Finblock | |
| Sten | 200,0 - 60,0 | Grovsten | Sten |
| | 60,0 - 20,0 | Finsten | |
| Grus | 20,0 - 6,0 | Grovgrus | Grus |
| | 6,0 - 2,0 | Fingrus | |
| Sand | 2,0 - 0,6 | Grovsand | Sand |
| | 0,6 - 0,2 | Finsand | |
| Mo | 0,2 - 0,06 | Grovmo | Finsand |
| | 0,06 - 0,02 | Finmo | |
| Mjåla | 0,02 - 0,006 | Grovmjåla | Silt |
| | 0,006 - 0,002 | Finmjåla | |
| Ler | 0,002 - 0,0006 | Grovler | Ler |
| | 0,0006 - 0,0002 | Finler | |
| | <0,0002 | Kolloider | |

2.5.3 Sortval

Att välja sorter som är motståndskraftiga mot *Fusarium* kan minska risken för axfusarios. Kunskapen om vilka sorter som är mindre mottagliga är störst för höst- och vårvete, där sortskillnader påvisats i undersökningar (Jordbruksverket 2013). Risken för axfusarios minskar exempelvis om sorten har tidig mognad (Champeil *et al.* 2004). Enligt ett försök från 2013 där havresorters känslighet för angrepp av *Fusarium* undersöks uppvisade SW Kerstin låg angreppsgrad. I den sorten är halterna av både DON och *F. graminearum*-DNA låga 2012 och 2013. Sorter som uppvisar stor känslighet, särskilt skördeåret 2013 är bland andra Ivory och Scorpion. Försöket visar dock inga statistiskt signifikanta skillnader mellan sorterna (Baumgardt & Börjesson 2009).

2.5.4 Bearbetningssystem

Bearbetningssystemet kan ha en inverkan på förekomsten av *Fusarium* genom att påverka markstrukturen. En packad jord kan begränsa och försvåra grödans rottillväxt. Det i sin tur kan leda till att rötterna är mindre motståndskraftiga mot angrepp

av *Fusarium* och ökar därmed risken för rotröta och stråbasröta (Allmaras 1988), men har ingen tydlig koppling till förekomst av axfusarios.

Bearbetningssystemet påverkar även genom att avgöra hur mycket skörderester, på vilka *Fusarium* kan övervintra, som lämnas vid markytan vid sådd. Det har visats att ett flertal *Fusarium*-arter, däribland *F. graminearum*, kan övervintra på växtrester även om de plöjs ner. Dock reduceras mängden inokulum med plöjning (Dill-Macky & Jones 2000). Enligt Flett och Wehner (1991) syns ingen minskning av *Fusarium*-angrepp i majs när skörderester plöjs ned jämfört med när de lämnas på ytan. Studien gäller röta på kolven. Resultaten är dock inte entydiga, andra studier redovisar en minskning av *Fusarium* i plöjda system (Flett & Wehner 1991). Exempelvis visar Maiorano *et al.* (2008) i ett försök där man undersökte hur växtrester från majs inverkar på DON-kontaminering i vete ett positivt samband mellan den totala mängden växtrester vid markytan och DON-förekomst. DON-halterna är högre i fält där växtrester lämnats på ytan i fält utan växtrester. Dock har plöjning ingen signifikant effekt på varken förekomst av *F. graminearum* eller DON-halt (Maiorano *et al.* 2008). I ett pilotförsök utfört i södra Sverige 2012 detekterades högre DON-halter på plöjd areal än på de områden som inte plöjts. (Söderström & Börjesson 2013). Bernhoft *et al.* (2012) visar i en annan studie högre förekomst av *Fusarium* på fält som inte plöjts än på plöjda fält. I det försöket syns ingen skillnad i DON-halter mellan plöjda och icke plöjda fält (Bernhoft *et al.* 2012).

År 2009 – 2010 genomfördes ett försök med höstvete där skörderesters betydelse för *Fusarium*-förekomst, axfusarios och toxinbildning undersöktes (Baumgardt *et al.* 2011). De fyra leden var inga skörderester, skörderest kärnmajshalm, skörderest vetehalm samt skörderest spillbetor och halm. Analys av skörderesterna visade *F. graminearum* i behandling med majs- och veterester men inte efter sockerbetor. DON-halterna varierade mellan 205 och 2468 µg/kg. Halten var signifikant högre i leden med majs-skörderester än i de övriga leden. Mellan ledet utan skörderester och ledet med veterester fanns ingen signifikant skillnad i DON-halt (Baumgardt *et al.* 2011).

2.5.5 Odlingssystem

I en studie gjord i Norge (Bernhoft *et al.* 2012) visas att infektion av *F. graminearum* gynnas av bristande växtföljd. Bristande växtföljd definieras i studien som en växtföljd där spannmål var förfrukt till spannmål. Även DON-halten ökade i dessa fall. Växtföljd är den enda agronomiska faktorn som sägs påverka DON-halt med statistisk signifikans enligt studiens analys (Bernhoft *et al.* 2012).

Samma studie visar även på lägre förekomst av *Fusarium* och dess mykotoxiner i ekologisk odling än i konventionell. Detta förklaras delvis av mer ensidiga växtföljder i konventionella odlingssystem. Man ser även att användning av mineralgöd-

sel ökar förekomsten av *F. graminearum* i större utsträckning än organiska gödselmedel, samt att användning av fungicider gynnar *Fusarium*-infektion (Bernhoft *et al.* 2012).

3 Metod

Som underlag för den här studien användes uppgifter om DON-halter skördeåret 2012. Från de lantbrukare vars prover utgjorde underlaget inhämtades data rörande odlingen. Data inhämtades genom strukturerade telefonintervjuer utförda under mars och april 2014. Intervjuer gjordes med 32 lantbrukare i Värmland där frågor rörande DON-halter under 2011, 2012 och 2013, odlingsåtgärder skördeåret 2013 och agrara förutsättningar (jordart, dränering) ställdes (bilaga 2). Utifrån uppgifter om jordens karaktär lämnade av lantbrukare skapades sex jordtyper: styv- till mellanlera, lättlera, siltig lera, silt, siltig sand och sand.

Utformningen av frågeformuläret gjordes med undersökningens huvudsyfte i åtanke. Övriga frågor rörande odlingsåtgärder ställdes med bakgrund av dokumenterad kunskap gällande faktorer för tillväxt av *F. graminearum* och DON-bildning.

Indelning av förfrukter i olika kategorier gjordes baserat på deras roll i växtföljden. Havre, vall och träda redovisas som enskilda grupper. Gruppen spannmål innefattar korn, vete och råg. Raps, rybs och ärt har tillsammans fått benämningen avbrottsgröda.

Urvalet av intervjuade lantbrukare baserades på analysvärden för DON-halter i havre åren 2012 och 2013. Urvalet gjordes utifrån en önskan att ha en spridning där höga och låga analysvärden fanns representerade i ungefär samma utsträckning. Hög DON-halt definierades som värden över EU:s gränsvärde för obearbetat spannmål avsett för mänsklig konsumtion, 1750 µg/kg. Låg DON-halt definierades under detta gränsvärde. Det geografiska området valdes mot bakgrund av de stora problemen man haft i den delen av landet med höga DON-halter. Området har även en stor andel jordar med högt innehåll av silt (bilaga 1).

Analysvärden för DON-halter för de intervjuade lantbrukarna inhämtades från spannmålsmottagningar i området (Henrik Pagré, Värmland och Thomas Börjesson, Lantmännen). Totalt inhämtades värden från 57 prover ($n = 57$), som representerade till spannmålsmottagningen inlämnade lass. Varje prov representerar ett lass. Vid intervjuer framkom att fyra av proverna ej gällde havre. Dessa prover redovisas därför inte.

Lantbrukare nr 33 – 36 har inte intervjuats. Analysresultat från dessa gårdar ingick ändå i den del av resultatet där jordartens betydelse för DON-produktion undersöktes. Detta på grund av att analysvärdena ansågs vara intressanta och därför av värde att inkludera. Efter studier av jordkartering över området, (figur 14, bilaga 1) bedömdes att jordarna i området kunde antas ha högt innehåll av finmo, finmjäla och grovmjäla. Jordarten kopplad till dessa prover kunde därmed antas vara silt. Proverna från dessa lantbrukare är inte med i analys av de andra faktorerna.

Väderdata (temperatur och nederbörd) för området samlades in för en period som sträckte sig från tidigaste till senaste såtidpunkt. Såtidpunkter enligt uppgifter från intervjuer. Data för temperatur och nederbörd inhämtades även för perioden för blomning. 2013 inföll denna mellan 28/6 och 19/7 (sort: Belinda, plats: Bjertorp, Västergötland. H Eckersten, personlig kontakt). Data hämtades från SMHIs väderstation i Karlstad. För samtliga intervjuade lantbrukare var detta den närmast ligande väderstationen.

Vid statistisk analys användes program SPSS version 21. Den statistiska analysen gjordes med ANOVA-test, där medelvärdet i olika grupper jämfördes mot varandra. Signifikansnivån sattes till 95 % ($p < 0,05$). Inför ANOVA gjordes test för normalfördelning på ursprungliga DON-värden samt logaritmerade DON-värden. Logaritmering av DON-halter gjordes för att materialet skulle komma närmre normalfördelning. Analys av normalfördelningen gjordes med Shapiro-Wilk test samt grafiska tester (Q-Q plot och histogram). Signifikansnivå vid Shapiro-Wilk test bestämdes till 95 % ($p > 0,05$).

I den statistiska analysen ingick 53 prover ($n = 53$). I de fall där värde på DON-halt rapporterats under eller över ett värde istället för ett absolut mätvärde användes ett medelvärde. Medelvärdet beräknades på de prover i materialet som låg inom intervallet. Exempelvis ersattes prover där DON-halten uppgetts vara < 300 med medelvärdet för prover med DON-halt mellan 0 och 300 $\mu\text{g/kg}$.

4 Resultat

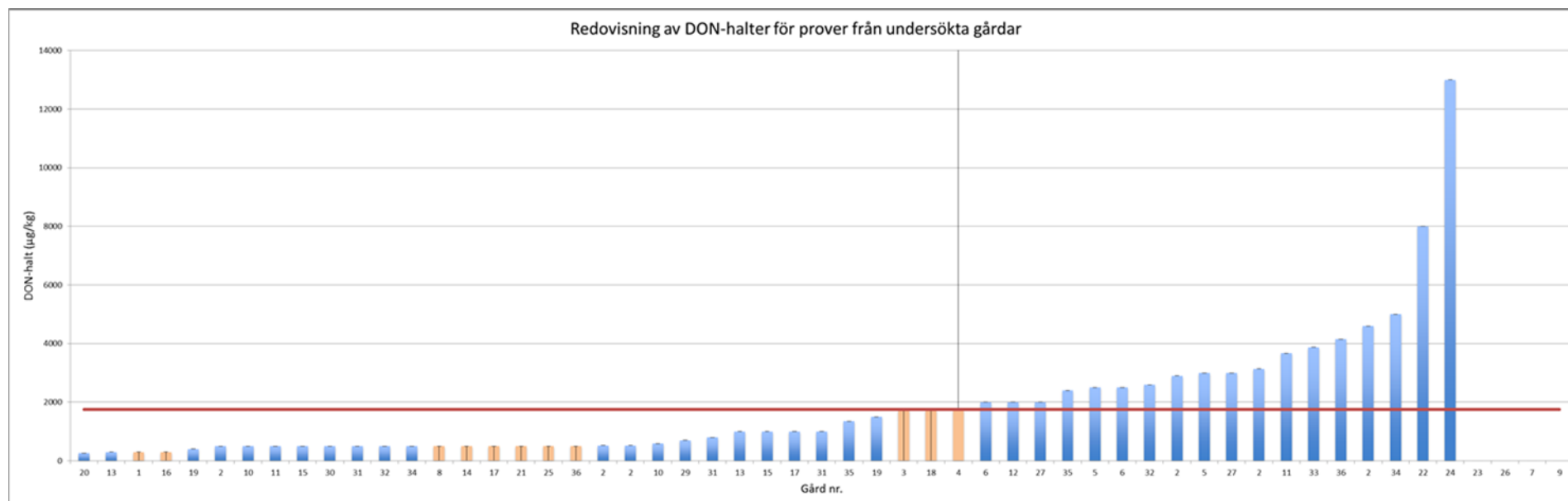
4.1 Resultat av lantbrukarintervjuer

Av totalt 57 prover låg 34 (60 %) under EU:s gränsvärde för tillåten halt i havre avsett för mänsklig konsumtion, 1750 µg/kg skördeåret 2013. 19 prover (33 %) låg över gränsvärdet. För fyra av proverna (7 %) var värden inte tillgängliga eller användbara. Dessa ingår inte i analysen. Medelvärde för samtliga prover var 1749 µg/kg. Den lägsta redovisade DON-halten i urvalet var 100 µg/kg. Det högsta redovisade värdet var 13000 µg/kg (figur 1).

Normalfördelningstest Shapiro-Wilk bekräftade hypotes för normalfördelning i majoriteten av fallen. För faktor Såtidpunkt var värdet i gruppen Sen sådd lägre än 0,05. Resultat av Shapiro-Wilks test var lägre än 0,05 även i gruppen Ivory (faktor Sort) och gruppen med bristande dränering. I dessa grupper kan hypotes för normalfördelning inte stärkas. I övriga grupper som användes vid statistik analys fanns ingen signifikant avvikelse från normalfördelning. (tabell 3).

Tabell 3. Medelvärden och resultat av test för normalfördelning samt ANOVA för analyserade prover (n = 53).

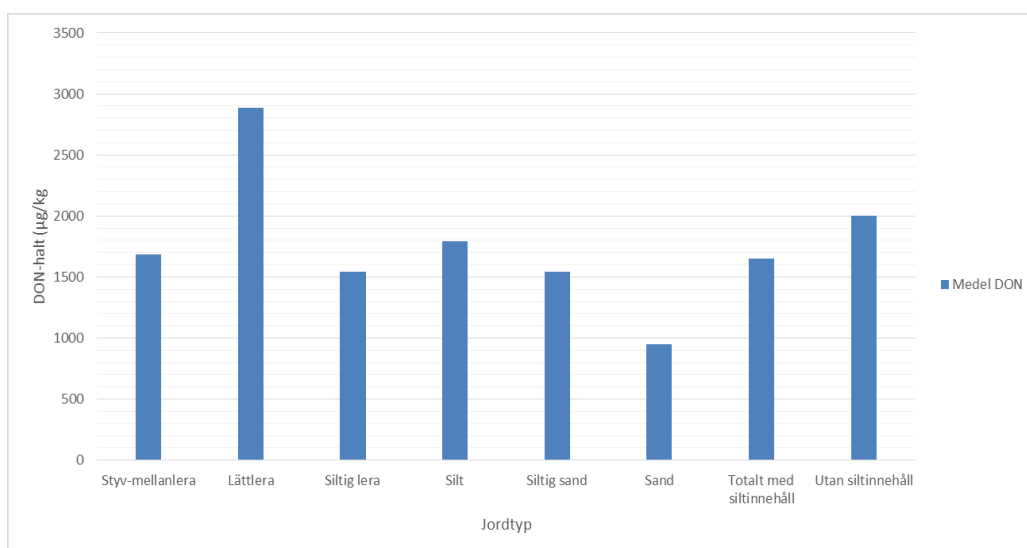
| Faktor | Grup- per | DON me- del (µg/kg) | DON std (µg/kg) | Shapiro- Wilk DON | Shapiro-Wilk logDON | P-värde ANOVA | Extrem |
|--|---------------|------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------|------------------|--------|
| Alla prover | | 1763 | 2257 | 0,000 | 0,076 | | |
| Jordtyp | Med silt | 1648 | 2334 | 0,000 | 0,181 | 0,25 | 13000 |
| | Utan silt | 2005 | 2114 | 0,003 | 0,39 | | |
| Såtid- punkt | Tidig sådd | 1365 | 1332 | 0,000 | 0,024 | 0,93 | |
| | Sen sådd | 1884 | 2893 | 0,000 | 0,51 | | 13000 |
| Sort | Ivory | 1712 | 2055 | 0,000 | 0,044 | 0,35 | |
| | Kerstin | 1859 | 3562 | 0,000 | 0,460 | | 13000 |
| | Belinda | 1200 | 1230 | 0,186 | 0,239 | | |
| | Övriga | 675 | 418 | 0,232 | 0,440 | | |
| Förfrukt | Spann- mål | 1532 | 1669 | 0,000 | 0,105 | 0,69 | |
| | Övriga | 2334 | 4361 | 0,000 | 0,151 | | 13000 |
| Halm bortförd | Ja | 1953 | 3195 | 0,000 | 0,547 | 0,56 | 13000 |
| | Nej | 1499 | 1772 | 0,000 | 0,082 | | |
| Jordbe- arbet- ning | Plöjt | 1559 | 1750 | 0,000 | 0,136 | 0,99 | |
| | Ej plöjt | 1800 | 3327 | 0,000 | 0,073 | | 13000 |
| Harv, överfar- ter | 1 | 2477 | 4054 | 0,000 | 0,554 | 0,50 | 13000 |
| | 2 | 1414 | 1805 | 0,000 | 0,154 | | |
| | 3 | 1684 | 1538 | 0,015 | 0,188 | | |
| Bris- tande dräne- ring | Ja | 1414 | 1245 | 0,000 | 0,024 | 0,58 | |
| | Nej | 2075 | 3363 | 0,000 | 0,334 | | 13000 |



Figur 1. DON-halter 2013 för prover vilka utgjorde underlaget för analysen. DON-halter enligt uppgift från spannmålsmottagning och lantbrukare (n = 57) Gula staplar visar att lantbrukaren endast angivit DON-halt över eller under ett visst värde. Felstaplar visar intervall för dessa prover. Röd linje anger DON-halt 1750 µg/kg.

4.1.1 DON-halter och jordtyp

Medelvärdet för DON var högst för prover tagna från jordar benämnda lättlera (2883 $\mu\text{g/kg}$). Medelvärdet för prover från jordar med siltinnehåll var 1648 $\mu\text{g/kg}$ och medelvärdet för prover från jordtyper utan silt var 2005 $\mu\text{g/kg}$. Mellan jordar med siltinnehåll och övriga jordtyper fanns inga signifikanta skillnader i medelvärde för DON-halt ($p = 0,25$, tabell 3).

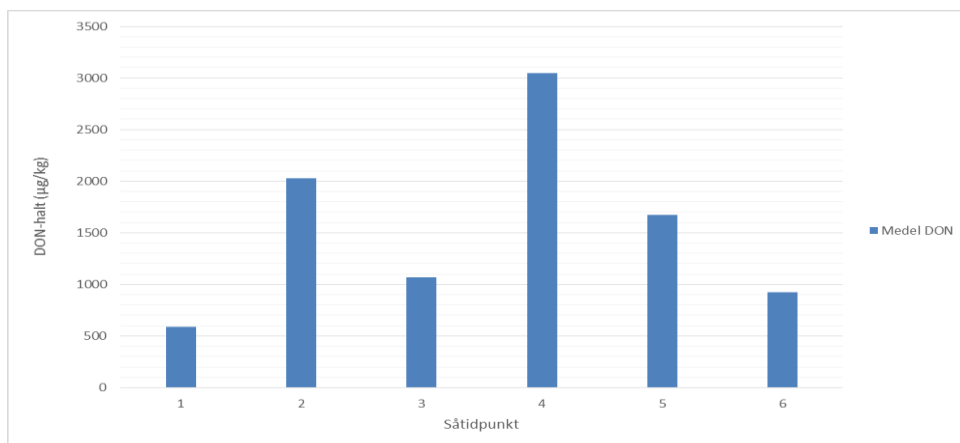


Figur 2. Medelvärden för DON-halt för olika jordtyper, $n = 53$. Uppgifter om jordtyp enligt lantbrukare.

4.1.2 DON-halter och såtidpunkt

Såtidpunkt 4 hade det högsta medelvärdet för DON-halt (3050 $\mu\text{g/kg}$) (Tabell 4). I denna grupp fanns ett prov med värdet 13000 $\mu\text{g/kg}$. Även såtidpunkt 2 hade ett medelvärde över 1750 $\mu\text{g/kg}$. Perioden efter såtidpunkt 2 (såtidpunkt 3) hade högre dygnsmedeltemperatur och nederbörd än medelvärden för föregående tioårsperiod (tabell 4). Medelvärde för DON-halter skiljde sig inte signifikant mellan såtidpunkterna ($p = 0,72$, ej redovisat).

Statistik analys gjordes även med grupperingen tidig eller sen sådd. Tidig sådd definierades som såtidpunkterna 1 – 3. Sen sådd definierades som såtidpunkterna 4 – 6. DON-medelvärde vid tidig sådd var 1356 $\mu\text{g/kg}$ och 1865 $\mu\text{g/kg}$ vid sen sådd. Skillnaden var inte statistiskt signifikant ($p = 0,93$, tabell 3).



Figur 3. Medelvärden för DON-halt för olika såtidpunkter, n = 46.

Såtidpunkter: : 1; 20/4 – 25/4, 2; 26/4 – 3/5, 3; 4/5 – 10/5, 4; 11/5 – 19/5, 5; 20/5 – 31/5, 6; 1/6 – 7/6

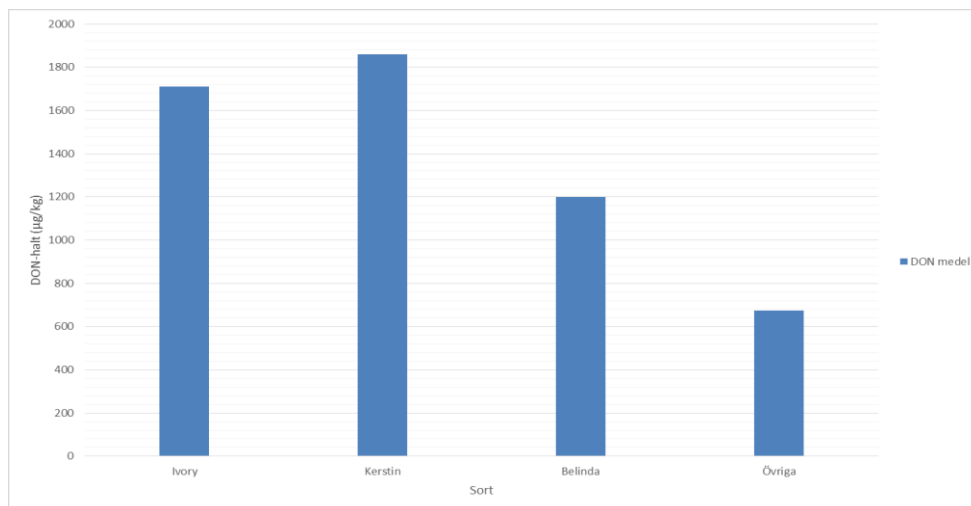
Tabell 4. Medeltemperatur- och nederbörd för de olika såtidpunkterna det studerade året (2013) samt föregående tioårsperiod (2003 – 2012). Medelvärde baserat på data för 2003 – 2013.

| Såtidpunkt | Dygnsmedeltemperatur 2013 (°C) | Medeltemperatur 2003-2013 (°C) | Dygnsmedelnederbörd 2013 (mm) | Dygnsmedelnederbörd 2003 - 2013 (mm) | Medelvärde DON (µg/kg) |
|------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| 1 | 5,9 | 6,3 | 0,70 | 0,82 | 589 |
| 2 | 5,8 | 8,4 | 1,2 | 2,3 | 2026 |
| 3 | 10,9 | 9,5 | 4,2 | 1,6 | 1069 |
| 4 | 12,7 | 10,0 | 1,6 | 2,3 | 3050 |
| 5 | 14,5 | 12,7 | 4,5 | 2,4 | 1674 |
| 6 | 14,5 | 14,4 | 0,86 | 1,4 | 924 |

4.1.3 DON-halter och sort

Av de sorter som odlades av de intervjuade lantbrukarna var Ivory, Kerstin och Belinda vanligast förekommande. Övriga sorter var Scorpio, Axedi, Haga och Gunhild. Av dessa fanns endast ett fåtal observationer, varför de redovisades tillsammans som ”övriga sorter”. Vissa prover redovisades två gånger på grund av att lantbrukaren uppgivit att hen odlat två sorter och lantbrukarens DON-värden ej kunnat paras ihop med endast en av de sorterna. Totalt antal redovisade prover var därför 51 (ursprungligen 46).

Medelvärdet för DON-halt var högst i gruppen Kerstin (1859 µg/kg). Mellan sorterna fanns inga signifikanta skillnader i medelvärden för DON-halt ($p = 0,35$, tabell 3).



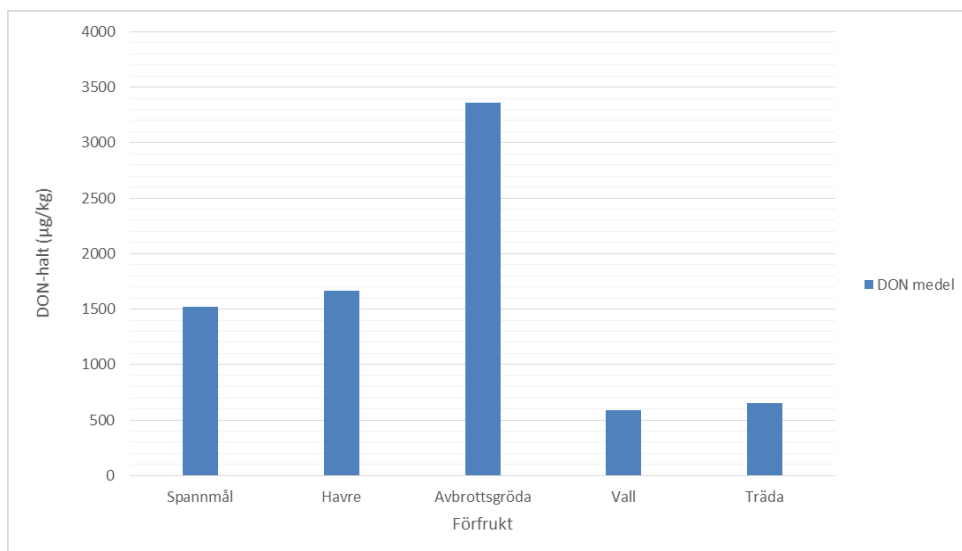
Figur 4. Medelvärden för DON-halt för olika sorter, $n = 51$.

4.1.4 DON-halter och förfrukt

Förfrukterna indelades i ett antal grupper. Gruppen spannmål innefattade korn, vete och råg. Raps, rybs och ärt fick tillsammans benämningen avbrottsgröda. Havre, vall och träda redovisades som enskilda grupper. För ett av proverna var uppgift om förfrukt inte tillgänglig, varför resultatet utgjordes av totalt 45 prover (ursprungligen 46).

Medelvärdet för DON-halt var högst där förfrukten var avbrottsgröda (3356 µg/kg). I denna grupp fanns ett prov med värdet 13000 µg/kg. Inga prover med DON-halt över 1750 µg/kg fanns där förfrukterna var vall och träda. Noteras bör att antalet prover med dessa förfrukter var mycket litet.

Statistisk analys av medelvärden för DON-halt efter indelning i grupperna spannmål inklusive havre (havre, vete, korn och råg) och övriga gav högre medelvärde i gruppen övriga än i gruppen spannmål. Medelvärdena var inte signifikant skilda ($p = 0,97$, tabell 3).



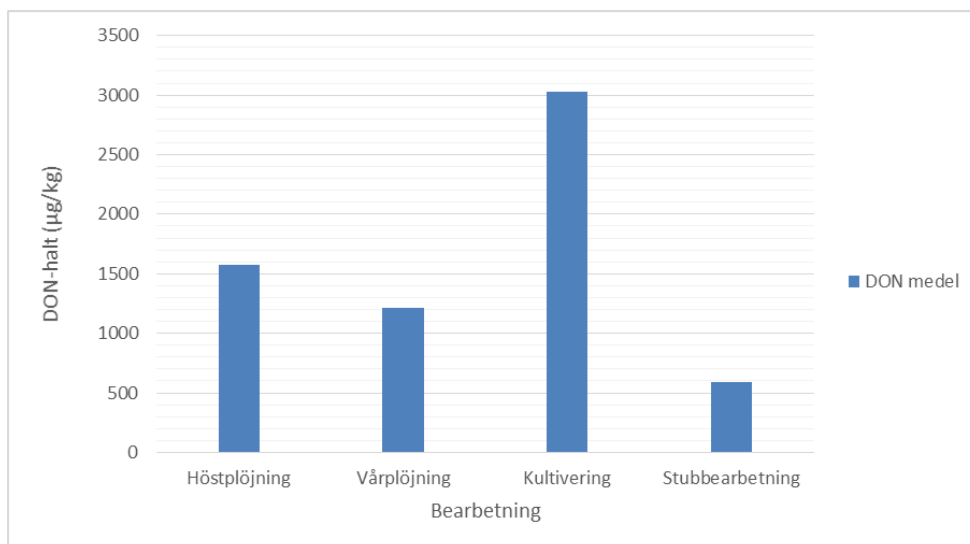
Figur 5. Medelvärden för DON-halt för olika förfukter, n=45.

4.1.5 DON-halter och bearbetningssystem

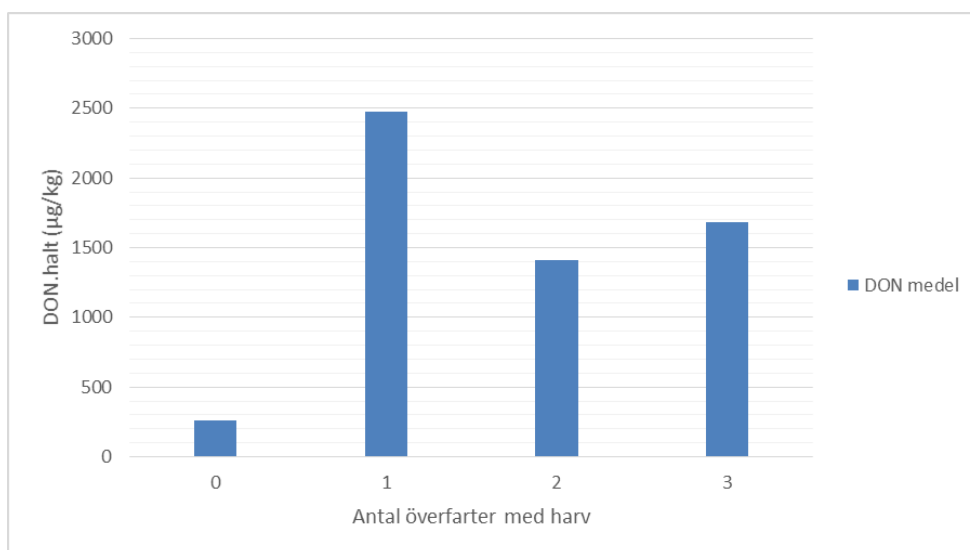
Bortförsel av skörderester, benämnt halm, kunde inte kopplas till låga DON-halter och halmrester kvar i fält kunde inte korreleras till höga DON-halter. Ingen statistisk skillnad fanns avseende medelvärden för DON-halter ($p = 0,56$, tabell 3).

Lantbrukarna tillfrågades även vilken typ av förberedande jordbearbetning de gjort hösten 2012 och våren 2013. Medelvärdet var högst i de fall fältet kultiverats ($3030 \mu\text{g/kg}$). I denna grupp fanns ett prov med värdet $13000 \mu\text{g/kg}$. Medelvärdet var något lägre vid vårplöjning än vid höstplöjning, men skillnaden var inte statistiskt säkerställd. Statistisk analys gjordes efter indelning i plöjda och icke plöjda fält. Inga signifikanta skillnader fanns i medelvärden för DON-halt mellan grupperna ($p = 0,99$, tabell 3).

Vid jämförelse av antal överfarter vid harvning (på våren, innan sådd) var medelvärdet högst vid en överfart ($2477 \mu\text{g/kg}$). Inga signifikanta skillnader fanns i medelvärde för de olika grupperna (p -värde $0,50$, tabell 3)



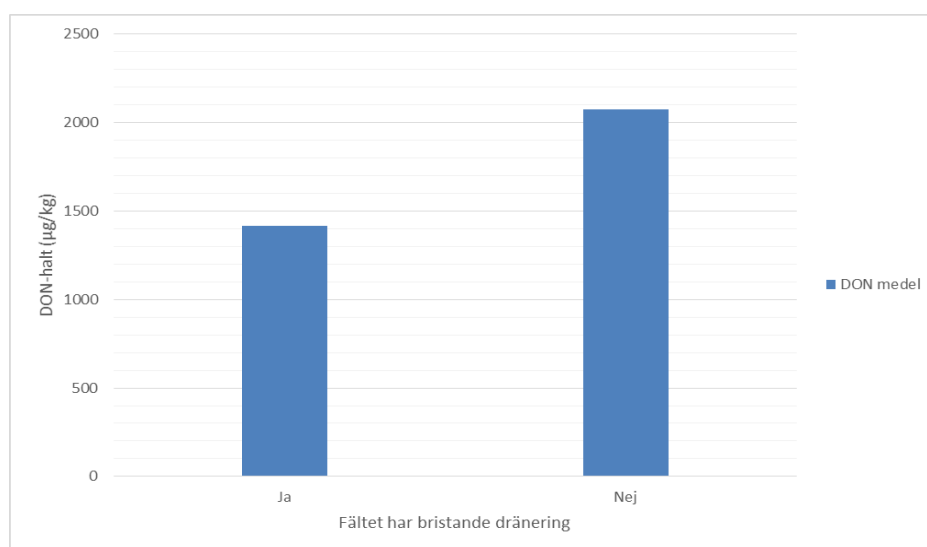
Figur 7. Medelvärden för DON-halt för olika bearbetningssystem, n=46



Figur 6. Medelvärden för DON-halt för olika antal överfarter med harv, n = 46

4.1.6 DON-halter och dränering

Lantbrukarna tillfrågades om hur de upplevde att dräneringen på de aktuella fälten. Av 32 tillfrågade hade 29 (91 %) systemtäckdikning. Resterande hade endast behovsdränering. 15 av lantbrukarna (47 %) uppgav att dikningen var äldre än 40 år. Inga signifikanta skillnader fanns för DON-halter med avseende på fältens uppfattade dräneringskapacitet. ($p = 0,58$, tabell 3).



Figur 8. Medelvärden för DON-halt för bra respektive dåliga dräneringsförhållanden, $n = 45$.

4.1.7 Övriga kommentarer från lantbrukarintervjuer

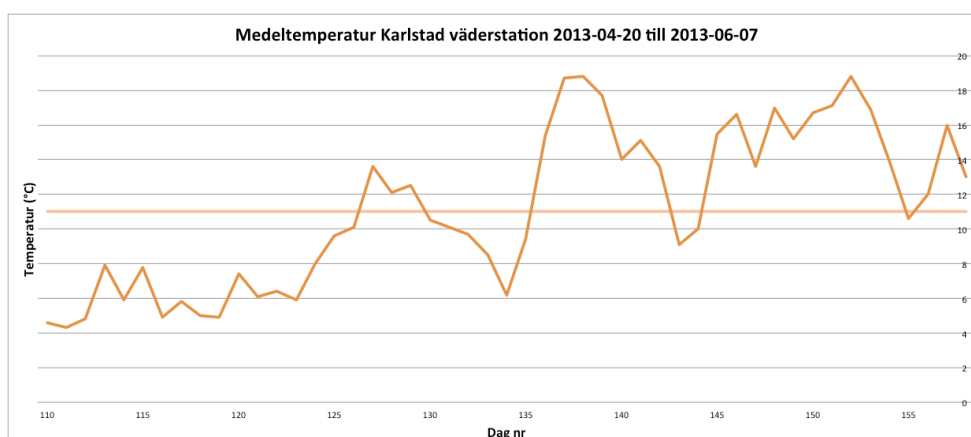
Flera av de intervjuade lantbrukarna hade upplevt variationer gällande DON-halt, dels mellan fält men även mellan lass som tröskats på samma fält. De frågades vad de trodde variationerna berodde på. Sortkänslighet, kemisk bekämpning och bearbetningssystem var några av de faktorer som nämndes, fränsett väder. En av lantbrukarna hade fått högre halter under torkning och lagring, en annan hade upplevt motsatsen, det vill säga att halterna sjunkit under lagring. Flera av de intervjuade kände tveksamhet inför tillförlitligheten för provtagningen och analyserna av DON-halt. En anledning till detta angavs vara att endast ett prov tas per lass.

4.2 Väderdata

Nedan redovisas väderdata för de perioder som ansetts avgörande för spridning och tillväxt av *Fusarium* och DON-produktion. De intervjuade lantbrukarna uppgav att sådd skedde från 20 april (tidigast) till 7 juni (senast). Blomningsperiod i havre 2013 inföll mellan 28/6 och 19/7 (sort: Belinda, plats: Bjertorp, Västergötland. H Eck-ersten, personlig kontakt).

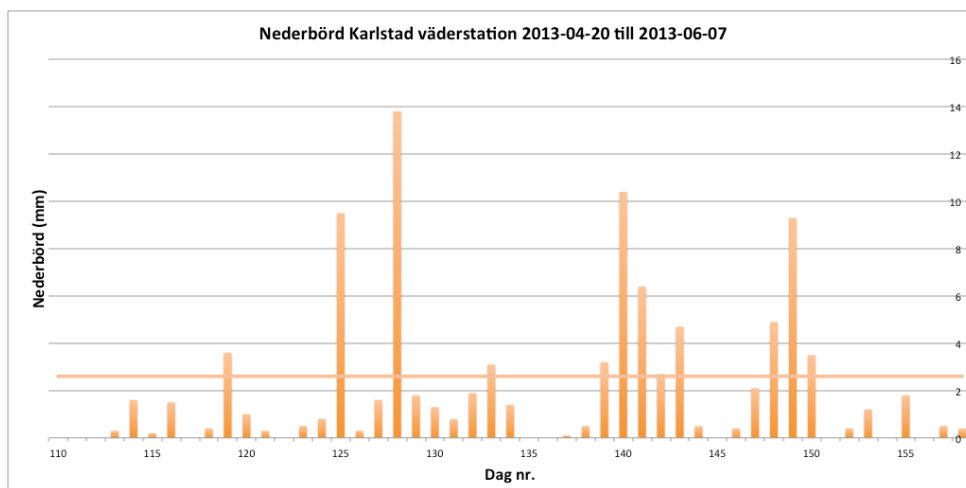
4.2.1 Väderdata för såddperiod

Medeltemperaturen var under perioden 11°C. Temperatursumman var 547,3 °C (Figur 10). Enstaka perioder med temperaturer betydligt högre än medeltemperaturen syns, främst under senare halvan av maj. Området fick under såddperioden totalt 99 mm nederbörd år 2013. Medelnederbörden var 2,6 mm/dygn (figur 10). Både medeltemperaturen och temperatursumman var högre år 2013 än medelvärdet för den studerade perioden föregående elvaårsperiod. (0,7 respektive 32,4 °C högre). Standardavvikelsen för medeltemperaturen var 1,2 °C. Avvikelsen 2013 jämfört med elvaårsmedelvärdet var alltså lägre än standardavvikelsen. Relevansen för skillnaden kan därmed inte anses vara hög. Även nederbörden var högre 2013, den totala såväl som dygnsmedelnederbörden (0,7 respektive 7 mm). För medelnederbörden var standardavvikelsen 0,7. Även här är det osäkert vilken relevans skillnaden mellan medelnederbörden 2013 och medelvärdet för elvaårsperioden kan ges (tabell 5).



Figur 9. Dygnsmedeltemperatur för Karlstad väderstation mellan den 20 april 2013 (dag nr. 110) och den 7 juni 2013 (dag nr. 158).

Fältforsk Lantmet väderstationer (SMHI)



Figur 10. Dygnsnederbörd Karlstad väderstation mellan den 20 april 2013 (dag nr. 110) och den 7 juni 2013 (dag nr. 158)
Fältforsk Lantmet väderstationer (SMHI)

Tabell 5. Data för temperatur och nederbörd vid Karlstad väderstation åren 2003 – 2013 för perioden 20/4 till 7/6. Medelvärde baserat på data 2003 – 2013.
Fältforsk Lantmet väderstationer (SMHI)

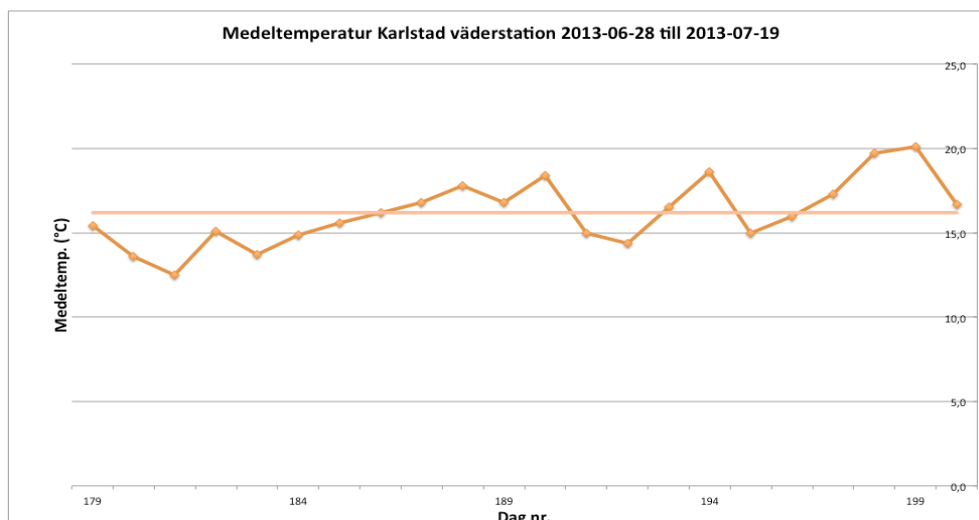
| År | Medeltemp (°C) | Temp. summa (°C) | Nederbörd/dygn, medel (mm) | Nederbörd, total (mm) |
|-------------|----------------|------------------|----------------------------|-----------------------|
| 2003 | 9,5 | 467,9 | 2,1 | 103 |
| 2004 | 10,5 | 512,7 | 3,3 | 161 |
| 2005 | 8,8 | 429,8 | 2,3 | 111 |
| 2006 | 9,0 | 438,8 | 2,3 | 114 |
| 2007 | 11,2 | 551,1 | 1,8 | 89 |
| 2008 | 12,5 | 613,6 | 0,97 | 47 |
| 2009 | 10,7 | 524,2 | 1,0 | 50 |
| 2010 | 9,8 | 480,5 | 1,6 | 77 |
| 2011 | 11,8 | 576,3 | 1,3 | 63 |
| 2012 | 10,6 | 521,3 | 1,9 | 92 |
| 2013 | 11,2 | 547,3 | 2,6 | 99 |
| Medel | 10,5 | 514,9 | 1,9 | 92 |
| Std | 1,2 | 56,9 | 0,70 | 33 |

4.2.2 Väderdata för blomningsperiod

Dygnsmedeltemperaturen var för perioden 28 juni 2013 till 19 juli 2013 16,2 °C. Temperatursumman under samma period var 356 °C (figur 12). Totalt föll under blomningsperioden 30,1 mm nederbörd. Under samma tidsperiod var dygnsmedelnederbörden i området 1,4 mm (figur 13).

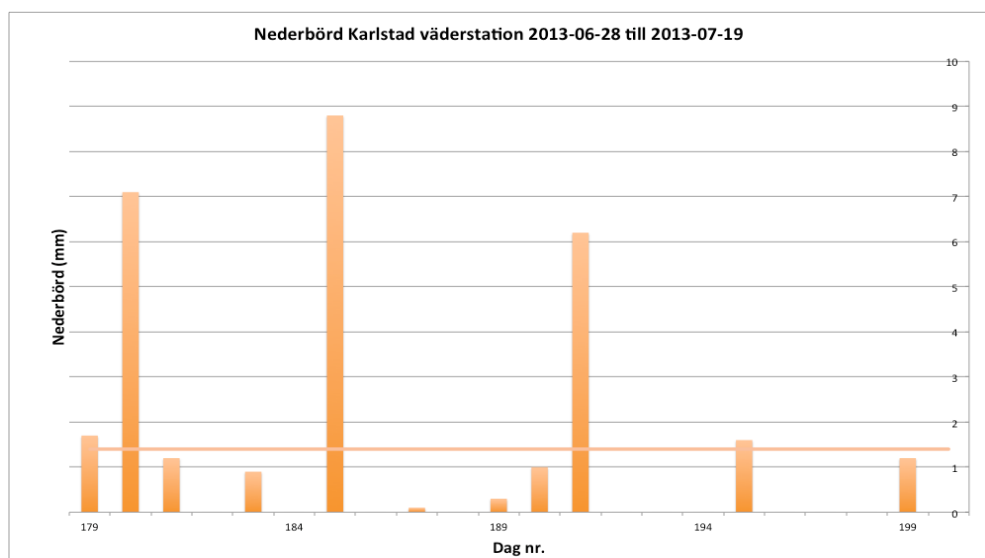
Jämfört med närmast föregående elvaårsperiod (2003 – 2013) hade den aktuella blomningsperioden en lägre dygnsmedeltemperatur (16,2 °C) och temperatursumma (356,1 °C) 2013. Dygnsmedeltemperaturen var 1 °C lägre. Standardavvikelsen var 1,32. Skillnaden mellan medelvärdet för 2013 och elvaårsmedelvärdet var lägre än standardavvikelsen och därmed inte relevant. Dygnsmedelnederbörden var 1,1 mm lägre 2013 än medelvärdet för elvaårsperioden (1,4 mm jämfört med 2,5 mm). Skillnaden är lägre än standardavvikelsen (1,6) och dess relevans kan därför inte sägas vara betydelsefull. Den totala nederbörden var 24,9 mm lägre (30,1 mm jämfört med 55,0 mm) (tabell 6).

Noteras bör att värden för temperatursumma och total nederbörd eventuellt är lägre än de reella värdena på grund av att data saknas för ett av mätperiodens 21 dygn åren 2004, 2005 och 2007.



Figur 11. Dygnsmedeltemperatur Karlstad väderstation mellan den 28 juni (dag nr. 179) och den 19 juli (dag nr. 200).

Fältforsk Lantmet väderstationer (SMHI)



Figur 12. Dygnsnederbörd Karlstad väderstation mellan den 28 juni 2013 (dag nr. 179) och den 19 juli 2013 (dag nr. 200).

Fältforsk Lantmet väderstationer (SMHI)

Tabell 6. Data för temperatur och nederbörd vid Karlstad väderstation åren 2003 – 2013 för perioden 28/6 – 19/7. Medelvärde baserat på data för 2003 – 2013.

Fältforsk Lantmet väderstationer (SMHI)

| År | Medeltemp (°C) | Temp. summa (°C) | Nederbörd/dygn, medel (mm) | Nederbörd, total (mm) |
|-------|----------------|------------------|----------------------------|-----------------------|
| 2003 | 17,7 | 389,7 | 1,5 | 34,0 |
| 2004 | 15,0 | 315,1* | 2,1 | 44,0* |
| 2005 | 18,9 | 397,8* | 1,8 | 38,0* |
| 2006 | 18,1 | 398,4 | 0,5 | 12,0 |
| 2007 | 16,1 | 337,9* | 3,7 | 77,0* |
| 2008 | 15,9 | 349,0 | 2,3 | 51,5 |
| 2009 | 18,2 | 411,1 | 6,4 | 141,0 |
| 2010 | 18,8 | 400,1 | 1,8 | 39,9 |
| 2011 | 17,7 | 388,6 | 3,1 | 68,9 |
| 2012 | 16,5 | 362,0 | 3,1 | 69,1 |
| 2013 | 16,2 | 356,1 | 1,4 | 30,1 |
| Medel | 17,2 | 373,3 | 2,5 | 55,0 |
| SD | 1,32 | 30,9 | 1,6 | 34,4 |

5 Diskussion

5.1 Diskussion av metod

Metoden som användes för inhämtning av data var strukturerade telefonintervjuer. Detta innebar att frågor ställdes enligt ett formulär, men inga svarsalternativ gavs utan den intervjuade fick fritt svara på frågan. Detta innebar att svaren kunde få något olika karaktär i de olika intervjuerna. Det positiva med metoden var att den var enkel, billig och relativt tidseffektiv. Intervjuerna gav väldigt mycket detaljerad information. Nackdelarna med metoden var att den gjorde svaren något svåra att bearbeta och sammanställa till ett resultat av kvantitativ karaktär.

Vad gäller bestämning av jordart, som var den huvudsakliga faktorn vilken skulle undersökas, på det fält där havre odlats 2013 kunde få lantbrukare ge ett tydligt svar. Det berodde dels på att det inom många fält finns stora variationer i jordart. En annan anledning var att vissa lantbrukare inte gjort någon markkartering och därför inte hade någon exakt jordartsbestämning på sina fält. För att få tydligare och mer lättbearbetade resultat hade ett antal förbättringar kunnat göras. Dels hade jordprover kunnat inhämtas för analys från de aktuella fälten. Det hade gett mycket exakta uppgifter om jordart och resultatets tillförlitlighet hade ökat. Samma resultat hade kunnat nås genom att urvalet begränsats till lantbrukare med uppdaterad markkartering, som då kunnat samlas in och användas i analysen. Anledningen till att detta inte gjordes var främst den begränsade tidsperioden för datainsamling.

En alternativ metod hade kunnat vara enkäter där den intervjuade fick välja mellan bestämda svarsalternativ. Svaren hade då blivit lättare att bearbeta. En annan fördel med en sådan metod är att möjligheten för statistisk analys ökat. En nackdel med en sådan metod är att informationen blir betydligt mer begränsad och eventuellt mindre exakt.

En aspekt som hade varit intressant att ha med vid intervjuerna är lantbrukarens uppfattning om beståndets täthet, alternativt uppkomsten på fältet. Beståndstätheten har betydelse för mikroklimatet vid markytan. Jag tror personligen att det är en faktor som skulle kunna påverka tillväxt och spridning av *Fusarium* och därmed DON-halt.

5.2 Diskussion av resultat

Statistisk analys visade ingen koppling mellan jordar med siltinnehåll och höga DON-halter, och hypotesen att jordar med kapillära egenskaper bidrar till ökade problem med *Fusarium* och därmed högre DON-halter kunde därmed inte styrkas. De resultat som redovisas i tidigare studier, med högre DON-halter i jordar med högt innehåll av silt och lägre halter i leriga jordar (Söderström & Börjesson 2013, Bernhoft *et al.* 2012) upprepas alltså inte här. Som nämnts ovan kan detta kanske förklaras med metodologiska brister. Den slutsats som kan dras av resultatet som här redovisas är att jordarten inte påverkar i den utsträckning att det ger genomslag i den här typen av studie. Dock bör inte jordartens påverkan helt uteslutas. Det finns en stor komplexitet i sambanden mellan biotiska och abiotiska faktorer som påverkar förekomst av *Fusarium* och DON-produktion. Många av de sambanden är ännu inte helt klarlagda. Det är möjligt att jordens vattenhållande förmåga i vissa fall har en betydande påverkan, medan andra faktorer är viktigare under andra förhållanden. En tydligare bild av dessa samband och de olika faktorernas betydelse skulle ges av en större studie där modellen för den statistiska analysen tillåter samspel mellan dessa faktorer.

Materialet visade ingen signifikant skillnad mellan medelvärde för DON-halt vid olika såtidpunkter. En viss variation fanns dock. Medelvärdet tenderade exempelvis vara något högre vid sådd mellan 26/4 och 3/5 (såtidpunkt 2) än vid perioderna direkt innan och efter denna tidpunkt. En tänkbar förklaring till det är att medeltemperaturen under perioden som följer därefter (såtidpunkt 3, 4/5 – 10/5) var något högre (10,9 °C) än genomsnittet för samma tidpunkt föregående tioårsperiod (9,5 °C). Även nederbörden var högre, 4,2 mm/dygn 2013, än genomsnittet 1,6 mm/dygn, för åren 2003 – 2013. Se tabell 9. Såtidpunkt påverkar även tidpunkt för blomning. I tidigare studier av *F. graminearum* och dess DON-produktion i stråsäd har varma och fuktiga förhållanden vid sådd och etablering ansetts vara gynnande faktorer. Varma och fuktiga förhållanden efter sådd kan ha gynnat uppkomsten, och därmed skapat ett tätt bestånd med för *Fusarium* gynnsamma förhållanden. Såtidpunkterna sträckte sig från den 20e april till den 6e juni. Det är troligt att en sådan spridning även leder till stor variation i tidpunkt för blomning. Eftersom att det i tidigare studier visats att regn vid blomning ökar risken för hög DON-halt har såtidpunkten även en påverkan i det avseendet.

Vid analys av DON-halter hos de olika sorterna visade tendens till högre halter hos Ivory och Kerstin än Belinda, även om inga statistiskt signifikanta skillnader fanns. Tidigare försök på havresorters känslighet för *Fusarium* indikerar hög känslighet hos Ivory och Scorpio (Baumgardt & Börjesson 2014). Resultatet av den studie som här redovisas kan i det avseendet delvis sägas gå i linje med resultaten från tidigare studier. Sorten Kerstin var den grupp som hade högst medelvärde för DON-halt. I tidigare försök har Kerstin uppvisat låg angreppsgrad (Baumgardt & Börjesson 2014). Att resultatet av denna studie skiljer sig från tidigare resultat kan bero på att ett prov med extremt högt värde fanns i gruppen Kerstin (Tabell 1).

När det gäller jordbearbetning fanns en tendens till högre medelvärde för DON vid en och tre överfarter med harv, det vill säga när fältet harvats en eller tre gånger innan sådd, än vid två harvningar. I gruppen där en harvning genomförts fanns ett mycket högt värde (13000 µg/kg). När detta värde exkluderades ur analysen sjönk medelvärdet. Det var lägre än för de övriga grupperna (två och tre harvningar). Tendensen till högre medelvärde vid tre harvningar skulle kunna förklaras med att uppkomsten blir bättre på dessa fält. Det kan skapa ett varmare och fuktigare mikroklimat vid markytan, vilket kan gynna tillväxt och spridning av *Fusarium* och därmed leda till högre DON-halter.

Sammanfattningsvis kan sägas att inga statistiskt signifikanta samband fanns mellan de faktorer som analyserats i den här studien och DON-halter. Materialet var både vad gäller antalet prover och antalet intervjuade lantbrukare begränsat. Den stora variationen i insamlade data kan förklara varför inga statistiskt fastställda skillnader kunde visas baserat på undersökningen.

5.3 Reflektioner

Under arbetet med denna studie har jag lärt mig mycket om relevansen av metodik och antal källor. Den metod som valdes var inte optimal för att få fram tillförlitliga uppgifter gällande odlingsåtgärder, vilket påverkade det material som fanns att arbeta med och sammanställa i resultatet. Mina erfarenheter av den osäkerhet som många lantbrukare hade kring intervjufrågorna pekar på att ett större antal intervjuer ändå kanske inte gett ett säkrare resultat. För att få ett mer uttömmande svar på frågeställningen skulle troligen kontrollerade och bättre definierade försöksodlingar krävas.

Jag anser att intervjuerna gett mig en bra bild av att problemen med höga DON-halter i det fokuserade området är komplext och har en betydande påverkan för den enskilde lantbrukaren och hans företag.

5.4 Tack

Ett stort tack riktas till alla de lantbrukare som ställt upp för intervjuer samt till Henrik Pagré, Värmland och Thomas Börjesson, Lantmännen som hjälpt till med uppgifter om DON-halter. Tack också till min handledare Paula Persson, SLU för stöd genom hela processen.

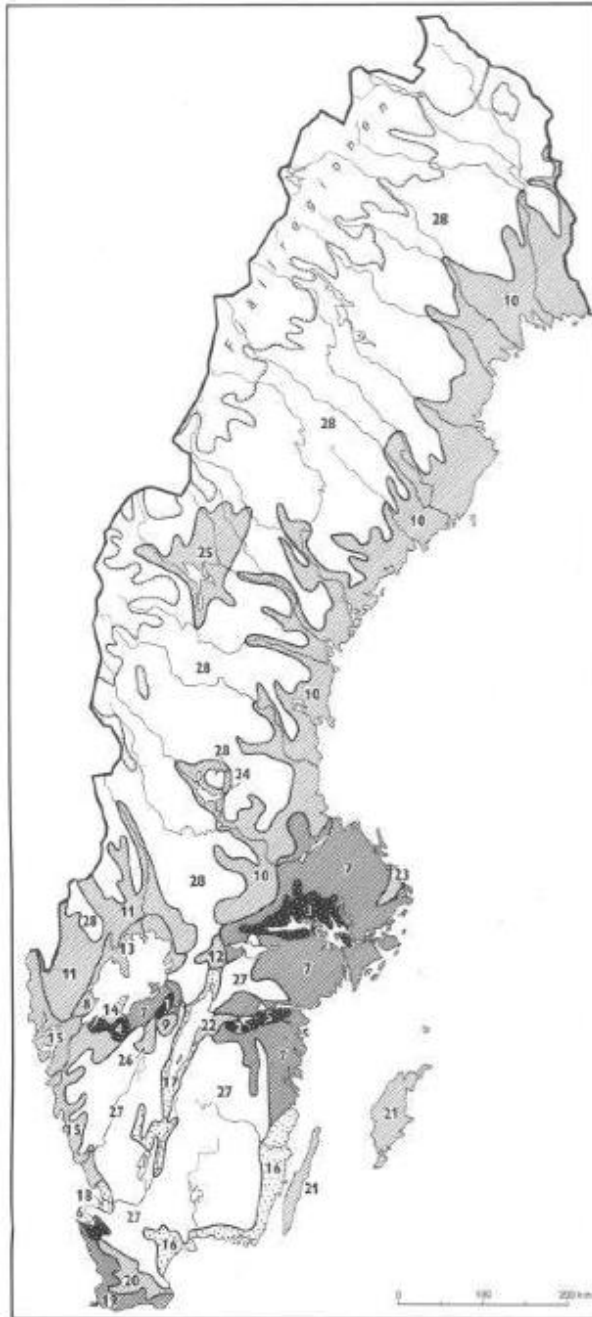
Referenslista

- Agrios G. N. (2005). *Plant pathology*. 5e uppl. London: Elsevier Academic Press.
- Allmaras R.R. (1988) Effects of soil compaction and incorporated crop residue on root health. *Annual Review of Phytopathology* Vol. 26, s. 219-243.
- Baumgardt M, Lerenius C, Persson L. (2011) Skörderestens betydelse för Fusarium i höstvet, SJV001, Jordbruksverket
- Baumgardt M, Börjesson T (2014) *Slutrapport projekt VI260040*. Stiftelsen Lantbruksforskning.
- Bottalico A, Perrone G. (2002) Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe, *European Journal of Plant Pathology* Vol. 108, s. 611-624
- Bernhoft A, Clasen P.E, Kristoffersen A.B, Torp M. (2010) Less Fusarium infestation and mycotoxin contamination in organic than in conventional cereals. *Food Additives and Contaminants*. Vol 27. s. 842 – 852.
- Bernhoft A, Torp M, Clasen P.E, Løes A.K, Kristoffersen A.B. (2012) Influence of agronomic and climatic factors on Fusarium infestation and mycotoxin contamination of cereals in Norway. *Food Additives and Contaminants*, Vol 29 (7), s. 1129 – 1140.
- Burgess L.W. (1981) *Fusarium: Disease, biology and taxonomy I: General Ecology of Fusaria* (eds. Nelson P.E, Toussoun T. A & Cook R.J) Pennsylvania State University Press, University Park, Pennsylvania, s. 225-235.
- Champeil A, Doré T, Fourbet J.F. (2004) Fusarium head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by *Fusarium* in wheat grain. *Plant Science*. Vol. 166, s. 1389 – 1415.
- Dal Bello G. M, Mónaco C. I, Simón M. R (2002) Biological control of seedling blight of wheat caused by *Fusarium Graminearum* with beneficial rhizosphere microorganisms *World Journal of Microbiology and Biotechnology* Vol. 18(7), s. 627 – 636.
- Dill-Macky R, Jones, R.K (2000) The effect of previous crop residues and tillage on Fusarium head blight of wheat. Publication no. D-1999-1112-02R. Department of Plant Pathology, University of Minnesota, St. Paul, USA.
- Doohan F.M, Brennan J, Cooke B.M (2003) Influence of climatic factors on *Fusarium* species pathogenic to cereals. *European Journal of Plant Pathology*. Vol. 109 (7), s. 755 – 768.
- El Khosht F (2010) Species diversity and geographical distribution of *Fusarium* species on winter wheat in two regions in Sweden. Examensarbete 30 hp C-nivå. Institutionen för skoglig mykologi och växtpatologi. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Eriksen G. S, Alexander J. (1998) Fusarium toxins in cereals – a risk assessment. TemaNord 1998:502. Nordiska ministerrådet, Köpenhamn.
- Eriksson J, Dahlin S, Nilsson I, Simonsson M (2011) *Marklära*. Lund: Studentlitteratur AB
- Europeiska kommissionen (2006b) *Commission recommendation of 17 August on the presence of deoxynivalenol, zearalenone, ochratoxin A, T-2 and HT-2 and fumonisins in products intended for animal feeding* (2006/576/EC). Off J European Union. L229:7–9.
- Europeiska kommissionen. (2006a). *Commission Regulation (EC) no 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs*. (2006/1881/EC). Off J European Union. L364:5–24.

- Edwards G.S (2004) Influence of agricultural practices on Fusarium infection of cereals and subsequent contamination of grain by trichothecene mycotoxins. *Toxicology Letters* Vol 153, s. 29 – 35.
- Flett B.C, Wehner F.C (1991) Incidence of *Stenocarpella* and *Fusarium* cob rots in monoculture maize under different tillage systems. *Phytopathology* Vol. 133, s. 327 – 333.
- Fredlund E, Gidlund A, Sulyok M, Börjesson T, Krska R, Olsen M, Lindblad M (2013) Deoxynivalenol and other selected *Fusarium* toxins in Swedish oats – Occurrence and correlation to specific *Fusarium* species. *International Journal of Food Microbiology* Vol. 167, s. 276 – 283.
- Fredlund E, Lindblad M. (2014) Fusariumsvampar och dess toxiner i svenskodlad vete och havre – rapport från kartläggningsstudie 2009-2001. Livsmedelsverkets Rapportserie nr. 2, 2014.
- Fältforsk Lantmet väderstationer (SMHI) Tillgängligt: <http://www.slu.se/sv/fakulteter/nj/om-fakulteten/ovriga-enheter/faltforsk/vader/lantmetv/> [2014-04-20]
- Hörberg H. (2001) *Fusarium*-svampar i stråsäd, Faktablad om växtskydd 103 J, Institutionen för ekologi och växtproduktionslära, SLU, Uppsala
- Hope R, Aldred D, Magan N. (2005) Comparison of environmental profiles for growth and deoxynivalenol production by *Fusarium culmorum* and *F. graminearum* on wheat grain. *Letters in Applied Microbiology* Vol. 40, s. 295–300.
- Imathiu S (2008) *Fusarium langsethiae* infection and mycotoxin production in oats. PhD Summary Report. Harper Adams University College, Storbritannien.
- Jordbruksverket. (2013). Nationella Branschriktlinjer för att undvika Fusariumtoxiner i spannmål 2013.
- Langseth W, Rundberget T (2000) The occurrence of HT-2 toxin and other trichothecenes in Norwegian Cereals. *Mycopathologia* Vol. 147, s. 157 – 165.
- Langseth W, Elen O. (1997) The occurrence of deoxynivalenol in Norwegian cereals – differences between years and districts, 1988–1996. *Acta Agric Scand B Soil Plant Science* Vol. 47, s.176–184
- Larsson R (1995) Jordmaterialet silt – geotekniska egenskaper och deras bestämning. *Statens geotekniska institut, Rapport (49)*. Linköping
- Lindblad M. Börjesson T., Hietaniemi V. & Elen O. (2012) Statistical analysis of agronomical factors and weather conditions influencing deoxynivalenol levels in oats in Scandinavia, *Food Additives & Contaminants: Part A* Vol. 29 (10), s. 1566-1571
- Maiorano, A, Blandino, M, Reyneri, A, Vanara, F. (2008) Effects of maize residues on the *Fusarium* spp. infection and deoxynivalenol (DON) contamination of wheat grain. *Crop Protection* Vol. 27, s.182–188.
- Mirocha, C. J Abbas H. K, Windels C. E., Xie W. (1989) Variation in Deoxynivalenol, 15 Acetyldeoxynivalenol, 3-Acetyldeoxynivalenol, and Zearalenone production by *Fusarium graminearum* Isolates *Applied and environmental microbiology* Vol. 5 (55), s. 1315 – 1316.
- Nielsen L.K, Jensen J.D, Nielsen G.C, Jensen J.E, Spliid N.H, Thomsen I.K, Justesen A.F, Collinge D.B, Jørgensen L.N (2011) *Fusarium* head blight of cereals in Denmark: species complex and related mycotoxins. *Phytopathology*. Vol. 101, s. 960 – 969.
- Osborn E.A (1996) Preformed antimicrobial compounds and plant defense against fungal attack. *The Plant Cell* Vol. 8, s. 1821 – 1831.
- Parry G.W, Jenkinson P, McLeod L (1995) *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals – a review. *Plant pathology*. Vol 44 (2), s. 207 – 238.

- Pestka J.J. (2010) Deoxynivalenol: mechanisms of action, human exposure, and toxicological relevance. *Archives of Toxicology* Vol. 84, s. 663–679
- Rabie C J, Marasas W F, Thiel P G, Lübben A, Vleggaar R (1982) Moniliformin production and toxicity of different *Fusarium* species from Southern Africa. *Applied Environmental Biology* Vol. 43, s. 517 – 521.
- Rossi V, Ravanetti A, Pattori E, Giosue S (2001) Influence of temperature and humidity on the infection of some fungi causing *Fusarium* head blight. *Journal of Plant Pathology*. Vol. 84, s. 189 – 198.
- Shakhnazarova V Y, Strunnikova O K, Vishnevskaya N A, Stefanova N A, Muromtsev G S. (2000) Structure and dynamics of *Fusarium* culmorum population in soils of different textures. *Eurasian Soil Science* Vol. 33 (1), s. 76–80.
- Söderström M., Börjesson T (2013) Within-field variation in deoxynivalenol (DON) contents in oats *Precision agriculture '13* Wageningen Academic Publishers
- Thrane U. (2010) Occurrence of *Fusarium* and mycotoxins within the Nordic and Baltic countries Nordic Baltic *Fusarium* Seminar (NBFS) 2010. *Bioforsk* Vol. 5 (7).
- Wegulo S.N. (2012) Factors influencing Deoxynivalenol accumulation in small grain cereals. Review. *Toxins* Vol 4, s. 1157 – 1180.
- Wegulo S. N, Klein R. N. (2010) Common Root Rot and *Fusarium* Foot Rot of Wheat. G1998. University of Nebraska-Lincoln extension, Institute of Agriculture and Natural Resources.
- Wong L. S. L, Tekauz A, Leslie D, Abramson D, McKenzie R. I. H (1992) Prevalence, distribution and importance of *Fusarium* head blight in winter in Manitoba. *Canadian Journal of Plant Pathology* Vol. 14, s. 233 – 238.
- Xu X.M, Parry D.W, Nicholson P, Thomsett M.A, Simpson D, Edwards S.G, Cooke B.M, Doohan F.M, Brennan J.M, Moretti A, Tocco G, Mule G, Hornok L, Giczey G, Tatnell J (2005) Predominance and association of pathogenic fungi causing *Fusarium* ear blight in wheat in four European countries. *European Journal of Plant Pathology* Vol. 112, s. 143 – 154.

Bilaga 1



Figur 13. Sveriges indelning i åkerjordsområden efter matjordstyp (Ekström, 1953). För beskrivning se tabell 7.

Tabell 7. *Beskrivning av Figur 16 "Sveriges indelning i åkerjordsområden efter matjordstyp". Efter Ekström, 1953. Markerade områden utgör de som omfattas av denna studie.*

| | |
|---|---|
| Styv eller mycket styv lera, mullrik | |
| 1 | Vadsbosläätten, Västergötland |
| 2 | Östgötslättens styva lera |
| Styv mellanlera | |
| 3 | Mälarsläätten |
| 4 | Varasläätten |
| 5 | Östgötsläätten |
| 6 | Ängelholmssläätten |
| Mellanlera, finmolera och styv lera | |
| 7 | De mellansvenska heterogena lerjordsområdena |
| Mjällera | |
| 8 | Dalslandssläätten |
| 9 | Kåkindssläätten |
| Mjälalera och mojordar | |
| 10 | Norrländska kustbygden och Bergsslagen |
| 11 | Mellersta och sydvästra Värmland, Dalarna och Bohusläns skogsbygd |
| Finnolera och mellanlera | |
| 12 | Västernärkes jordbruksbygd |
| Finnolera | |
| 13 | Värmländska slättbygden |
| 14 | Kållandsområdet, Västergötland |
| Grovmolera | |
| 15 | Västsvenska kustbygden (Bohuslän och Halland) |
| Mo- jämte sandjordar | |
| 16 | Sydostsvenska moområdet |
| 17 | Sydsvenska inlandets moområden |
| 18 | Laholmssläätten |
| Moränleror | |
| 19 | Skånes baltiska moränleror |
| 20 | Skånes nordostmoränlera |
| 21 | Öland och Gotland |
| 22 | Vadstenasläätten, Östergötland |
| 23 | Roslagens moränlerområde |
| 24 | Dalarnas moränlerområde |
| 25 | Jämtlands moränlerområde |
| Svagt lerig eller lerig morän | |
| 26 | Fallbygden, Västergötland |
| | Urbergsmorän |
| 27 | Sydsvenska inlandet |

Bilaga 2

Underlag för intervjuer.

Fråga

- 1 Namn/gård
- 2 DON-halter 2013
- 3 Tidigare erfarenheter av Fusarium/DON
- 4 Jordart/jordens karaktär på aktuellt fält (egen uppfattning)
- 5 Markkartering (ja/nej)
- 6 Havresort
- 7 Friår mellan havre
- 8 Anledning till problem (egen uppfattning)
- 9 Förfrukt (2012)
- 10 Problem med DON/axfusarios? (ja/nej)
- 11 Förfrukt till förfrukten (2011)
- 12 Problem med DON/axfusarios i förfrukt? (ja/nej)
- 13 Såtidpunkt
- 14 Jordbearbetning höst (redskap och antal överfarter)
- 15 Jordbearbetning vår (redskap och antal överfarter)
- 16 Bortförd halm (ja/nej)
- 17 Dränering på aktuellt fält